

Kritisch denken in de fysica-les

Jan Sermeus

Jo Allemeersch

Mieke De Cock

Kritisch denken

- Wat is KD?
- KD meten?
- Wat is KD in E&M?
- KD onderwijzen?

KD in eindtermen (VL)

The screenshot shows the top navigation bar with the logo and the text 'Curriculum Wat heb je vandaag op school geleerd?'. Below it is a breadcrumb trail: 'U bent hier: [Onderwijs en Vorming](#) > [Curriculum](#) > [Vakoverschrijdende eindtermen en ontwikkelingsdoelen - Eerste graad - Secundair onderwijs](#)'. The main content area has a title 'Secundair onderwijs - Vakoverschrijdende eindtermen en ontwikkelingsdoelen - Eindtermen' with 'Vakoverschrijdende eindtermen' circled in red. A sidebar on the left contains links: 'Startpagina >', 'Basisonderwijs >', 'Buitengewoon onderwijs >', and 'Secundair onderwijs >'. At the bottom of the main area, there are two tabs: '1: Eindtermen' (selected) and '2: Uitgangspunten'. A link 'Ga terug naar: [overzicht eindtermen en ontwikkelingsdoelen - eerste graad](#)' is also visible.

(kritisch denken)

- 11 kunnen gegevens, handelwijzen en redeneringen ter discussie stellen a.d.h. van relevante criteria;
- 12 zijn bekwaam om alternatieven af te wegen en een bewuste keuze te maken;
- 13 kunnen onderwerpen benaderen vanuit verschillende invalshoeken;

KD eindtermen mbo (NL)

Bijlage 1 wordt als volgt gewijzigd:

1. Het opschrift van bijlage 1 komt te luiden:

Bijlage 1, behorend bij artikel 17a, derde lid

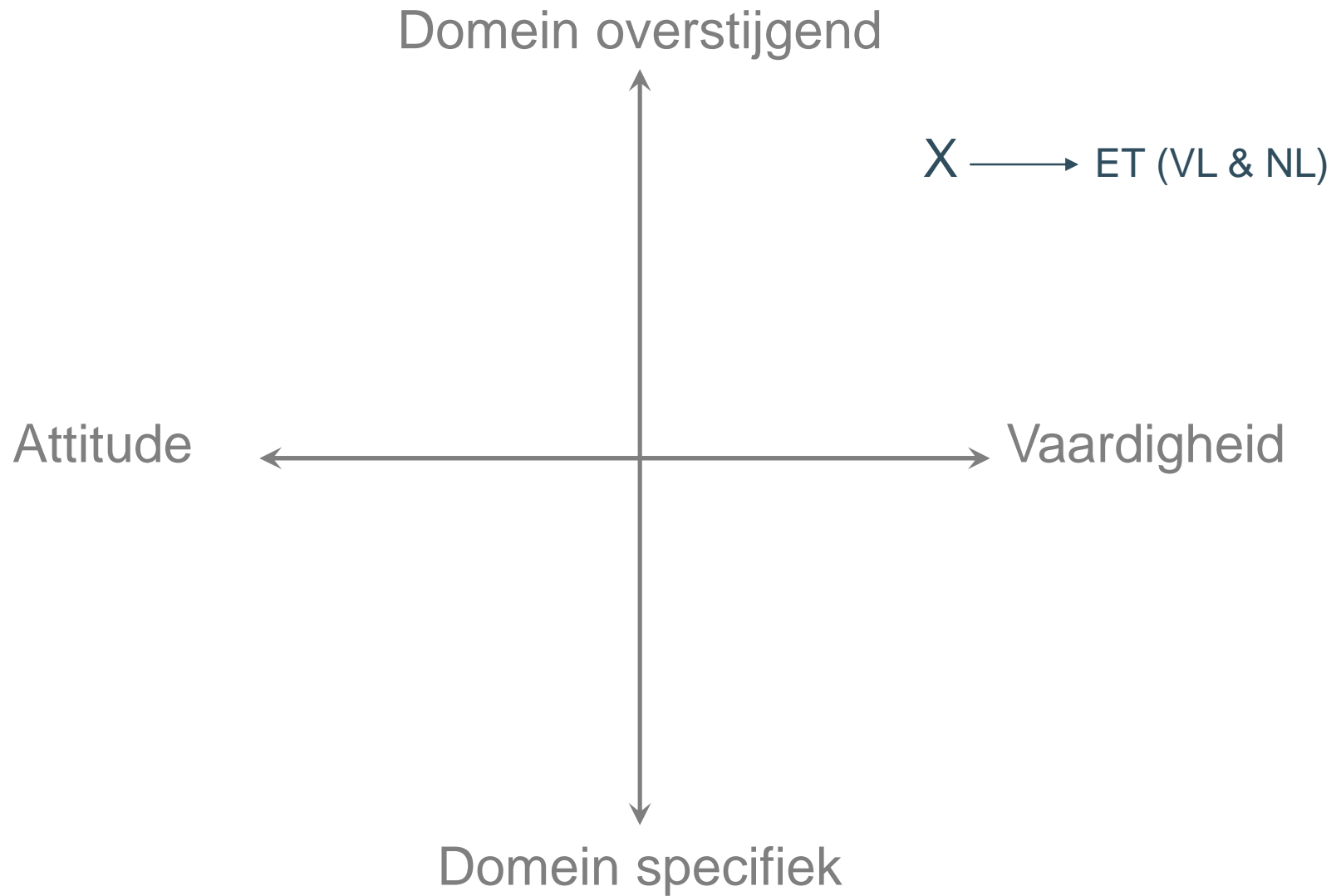
Generieke kwalificatie-eisen loopbaan en burgerschap

2. Na het opschrift worden de volgende zinnen ingevoegd:

Algemeen

Het kwalificatie-onderdeel loopbaan en burgerschap bereidt deelnemers voor op het vormgeven van hun eigen loopbaan en op participatie in de maatschappij. In dat kader is het van belang dat deelnemers kritische denkvaardigheden ontwikkelen. Onder ~~kritische denkvaardigheden~~ wordt verstaan:

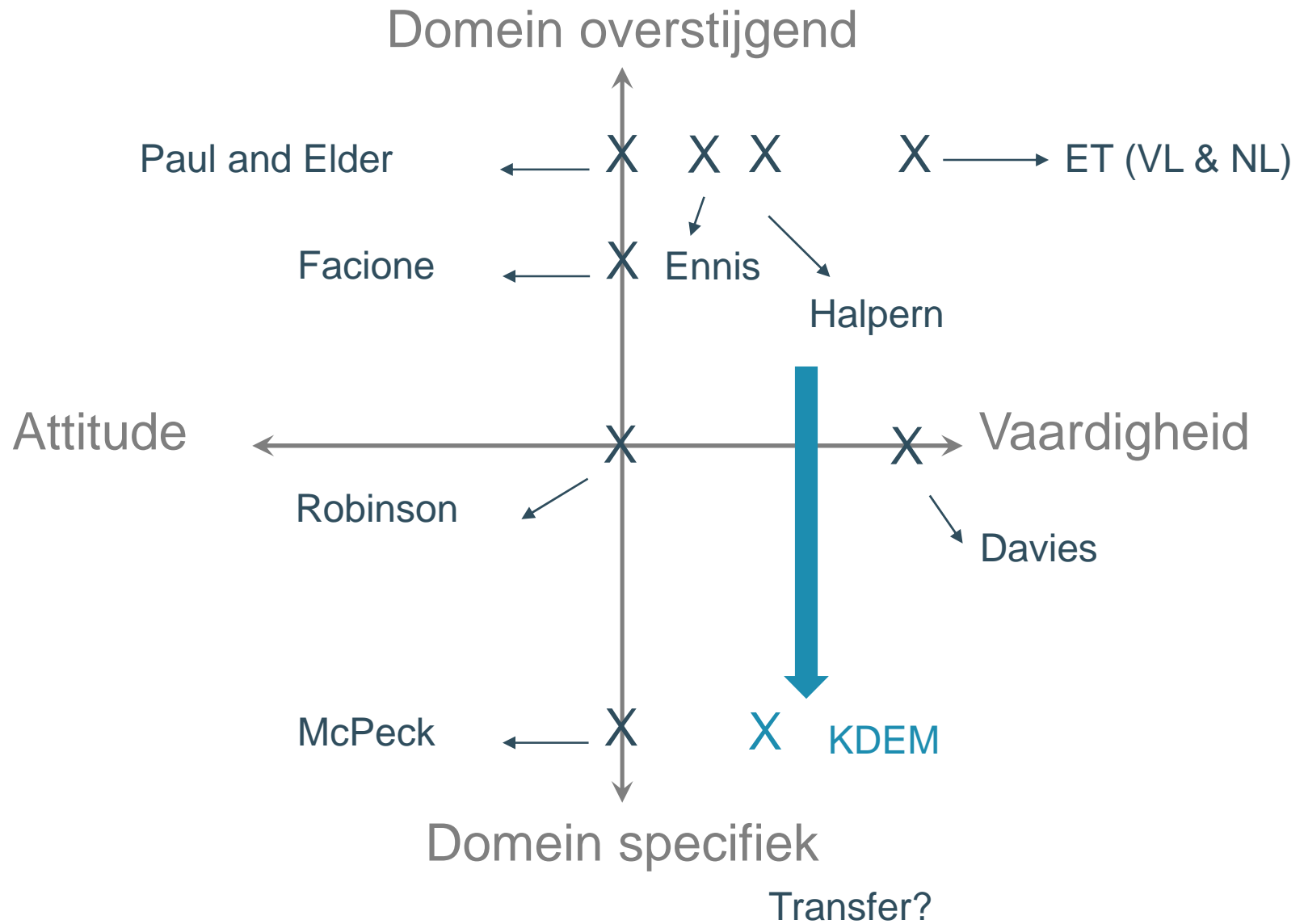
- informatie (-bronnen) op waarde weten te schatten; daarbij het onderscheid kunnen maken tussen argumenten, beweringen, feiten en aannames;
- het perspectief van anderen kunnen innemen;
- kunnen nadenken over hoe eigen opvattingen, beslissingen en handelingen tot stand komen.



Definities uit de literatuur

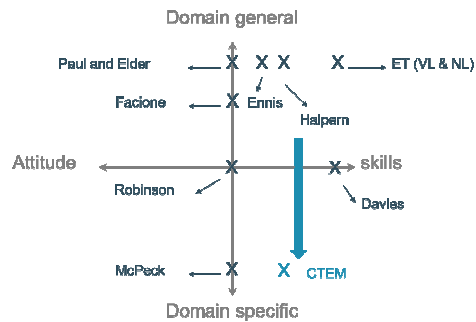
- Elder en Paul definiëren KD als "the art of analyzing and evaluating thinking with a view to improving it"
- McPeck definiëerde KD als "the propensity and skill to engage in an activity with reflective skepticism".
- Ennis definiëerde KD als "reasonable, reflective thinking that is focused on deciding what to believe or do". Dit is kort, maar kan gespecificeerd worden tot 12 attitudes, en 18 vaardigheden.
- Facione definiëerde KD als "purposeful, self-regulatory judgment which results in interpretation, analysis, evaluation, and inference, as well as explanation of the evidential, conceptual, methodological, criteriological or contextual considerations upon which that judgment is based".
- Halpern definiëerde KD als " the use of those cognitive skills or strategies that increase the probability of a desirable outcome. It is used to describe thinking that is purposeful, reasoned, and goal directed – the kind of thinking involved in solving problems, formulating inferences, calculating likelihoods, and making decisions, when the thinker is using skills that are thoughtful and effective for the particular context and type of thinking task.".

• ...



Kritisch denken

- Wat is KD?



- KD meten?

- Wat is KD in E&M?

- KD onderwijzen?

KD volgens Halpern

Hypothese testen	Wetenschappelijk denken
Verbaal redeneren	Omgaan met dagelijks taalgebruik
Analyseren van argumenten	Logisch denken
Waarschijnlijkheid en onzekerheid	Statistisch denken
Problemen oplossen en beslissen	Probleem oplossend denken

Vertaling naar KDEM

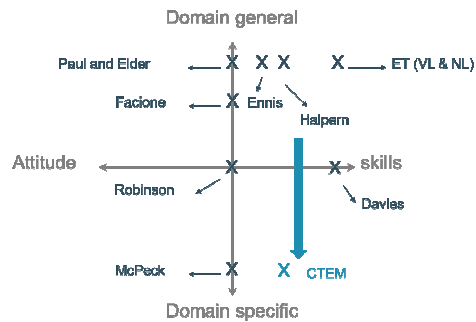
	HCTA	Interpretation towards physics	Example
Hypothesis testing	correlation vs cause and effect	identify cause and effect	acceleration of an object is caused a by a forcing upon it, not the other way around
	recognize the need for more factual information in order to make valid conclusions	recognize the need for more factual information or data in order to make valid conclusions	e.g. if A and B change, any consequent changes cannot be contributed to either A or B
	recognize need for good experimental conditions: control group, unbiased sample selection,...	recognize need for good experimental conditions	controllable environment (temperature, pressure,...), sample (layout, history, size,...), one changing variable, ...
	Evaluate the value and correctness of an explanation	Evaluate the value and correctness of a physical explanation Evaluate the value and correctness of experimental data	Distance measurements as a function of time might be valuable if one is interested in the velocity even though this is not explicitly measured.
Verbal reasoning	Recognize ambiguity of terms	Recognize ambiguity of terms recognize ambiguity in data	everyday terminology might have a very different and well defined meaning in physics: e.g. work Can data be fitted using a linear fit or is a second degree polynomial better (both theoretically and error-fit)
	identify vague ideas/terms	identify vague ideas	"electric field" is used to describe the vector field, the magnitude and the local field vector
	Recognize invalid reasoning	Recognize scientifically invalid reasoning Recognize logically invalid reasoning	this might entail a part of logic reasoning, but also the rejection of a new theory that does not explain previous observations circle reasoning, invalid analogy
	recognize that personal opinion does not constitute an argument	recognize that personal opinion does not constitute an argument	Preconceptions
		Conceptual understanding	Connecting to the previous line, conceptual understanding is a necessary prerequisite for critical thinking.
	<i>*from the end goals in Belgian education*</i>	evaluate ideas from a different perspective	Phenomena might be described as a function of space, but you could describe them as traveling through that space at a given velocity and describing the phenomenon as a function of time.

	HCTA	Interpretation towards physics	Example
argument analysis	identify key parts of an argument: conclusion, reason, counterargument	identify key parts of a physical argument	Changes in one variable might be countered by inverse changes in other variables. E.g. the ideal gas law might suggest that if pressure goes up, so does the temperature. Yet this requires that the volume and the amount of material remain the same.
	Identify the lack of information or key parts of an argument	Identify the lack of information or key parts of a physical argument	A large velocity does not require a large force, but a large change in velocity does. "change in" is an essential part.
	Questioning generalizations	Questioning predictions/extrapolations	Single slit vs double slit experiment. One might suggest that after seeing the pattern of a single slit wave diffraction pattern, that this pattern just repeats itself twice.
	Create an argument	Create an argument/proof	
	Assess the value of a source	Assess the value of a source	There are articles that claim the end of the world is near because of black holes created at CERN.
	provide an opinion	Provide a hypothesis	
Likelihood and uncertainty	understand the probability and likelihood of an event occurring	understand the probability and likelihood of an event occurring	
		Being able to interpret noise in data, experimental error	When a measurement is performed inherently a measurement error will be made. This does not render the experiment false.
		understand the limits of extrapolation	If one pulls on a spring it will eventually enter a non-linear regime where any predictions made using Hooke's law are no longer valid.
	make valid predictions		
Recognize assumptions	Recognize assumptions	E.g. Ohm's law, Hooke's law assume linearity	
problem solving and decision making	recognize partial problems	Recognize partial problems (as part of generic solving strategies)	Often an exercise is comprised of multiple parts, where the answer of part one is needed to progress in part two.
	being aware of solving strategies	being aware of solving strategies in physics	working in symbols, checking units, making a drawing, draw a force diagram, consider conservation laws, ... and also checking that your answer makes physical sense (is it possible, is the outcome of the right order of magnitude)
		being aware of solving strategies that are not specific to physics	reading the question carefully, checking that your answer answers the question,...
	generate reasonable, creative solutions to an everyday problem	generate reasonable, creative solutions to a physics problem	

Kritisch denken

- Wat is KD?

- KD meten?



- Wat is KD in E&M?

- KD onderwijzen?

ICTA	Information towards practice	Example
INFORMATION	Understand the needs of stakeholders	Identify stakeholders and their interests
	Recognize the need to make ethical decisions in order to make better decisions	Recognize the need for ethical information or data to make better decisions
	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice
	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice
KNOWLEDGE	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice
	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice
	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice
	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice
SKILLS	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice
	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice
	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice
	Recognize the need for expert advice	Recognize the need for expert advice

KD Meetinstrumenten

Voornamelijk domeinoverstijgend


- CCTST
 - CCTT
 - Ennis-Weir CT
 - Watson-Glaser
 - HCTA
- Scipio (korte test, dagelijks leven)
-

Hoe domeinspecificiteit meten?

→ er zijn domeinspecifieke tests nodig

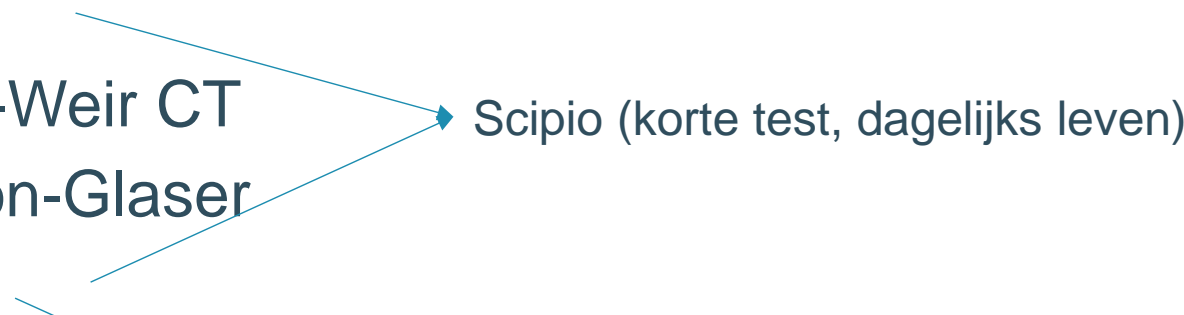
AVL impuls project

Tests ontwikkelen met volgende eigenschappen

- Meet kritisch denken (KD)
- Gebaseerd op Halpern's KD test (Halpern critical thinking assessment – HCTA)
- Nederlandstalig
- Gericht op secundair onderwijs (3^e graad)
 - Onderdeel Fysica: Richtingen met component wetenschappen  KDEM
- 1 lesuur
- in stilte, zittend, met pen en papier

KD Meetinstrumenten

Voornamelijk domeinoverstijgend

- CCTST
 - CCTT
 - Ennis-Weir CT
 - Watson-Glaser
 - HCTA
- Scipio (korte test, dagelijks leven)
- 

Hoe domeinspecificiteit meten? → KDEM

→ er zijn domeinspecifieke tests nodig

- DOS en/of DS?
- Interventie

Traject

- Opstellen vragen
 - Opstellen KD-kader binnen Vlaamse E&M context
 - Vragen bedenken
 - Vragen + theoretisch kader bespreken in focusgroep met in service leerkrachten
 - Vragen herwerken
 - Vragen voorleggen aan 4 leerlingen in een cognitief interview
 - Vragen herwerken
- Valideren
 - Grote afname
 - Scoring
 - Statistische analyse
 - Finaliseren

Voorbeeldvraag KDEM

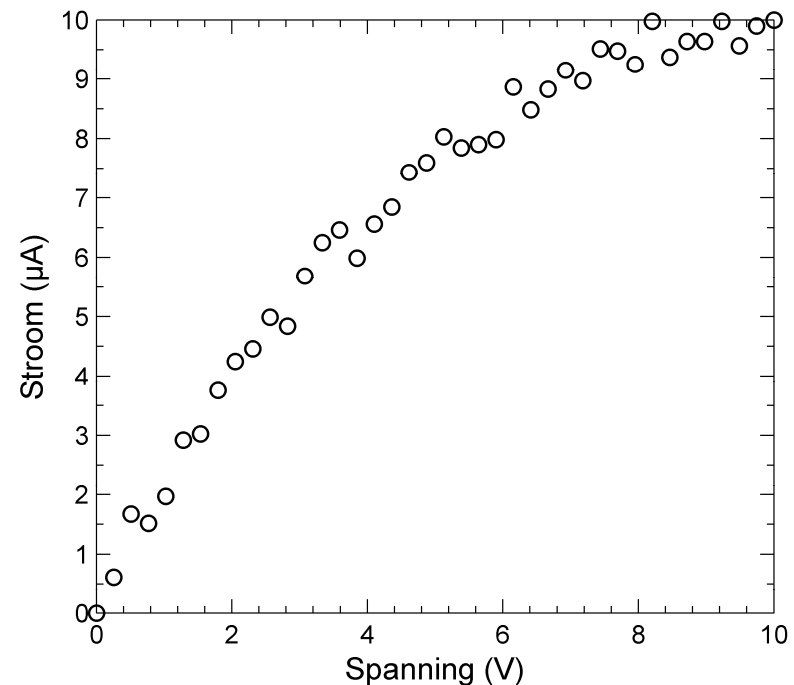
De elektrische weerstand van het blad van een maïsplant kan gebruikt worden als aanduiding van de algemene gezondheid van de plant. Om de weerstand te bepalen, wordt de stroom gemeten wanneer een spanning geplaatst wordt over twee elektrodes die 20 cm van elkaar op het blad worden gezet. De grafiek hieronder geeft aan welke stroom gemeten wordt bij een gegeven spanning.

Kan je op basis van deze metingen concluderen dat de weerstand van het blad $1,0 \text{ M } \Omega$ is?

Ja

Nee

Waarom wel of waarom niet?

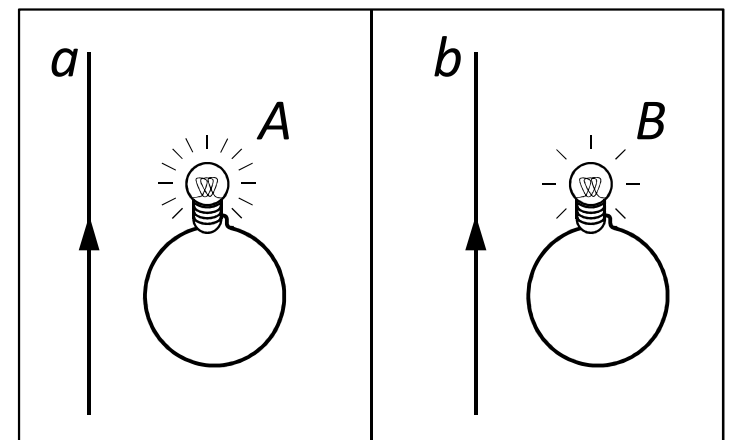


Voorbeeldvraag KDEM

Beschouw de tekening hieronder waarin twee situaties, A en B, worden getoond. In beide situaties ligt een lus met een lampje naast een lange rechte stroomvoerende geleider. Het lampje in situatie A geeft meer licht dan het lampje in situatie B. Je mag veronderstellen dat de lampjes, de lussen, de lange rechte draad en de afstand tussen de lussen en de stroomvoerende geleiders identiek zijn in beide situaties.

Anna geeft een uitleg: "Lampje A geeft meer licht dan lampje B omdat de stroom door draad a groter is en sneller verandert dan de stroom in draad b."

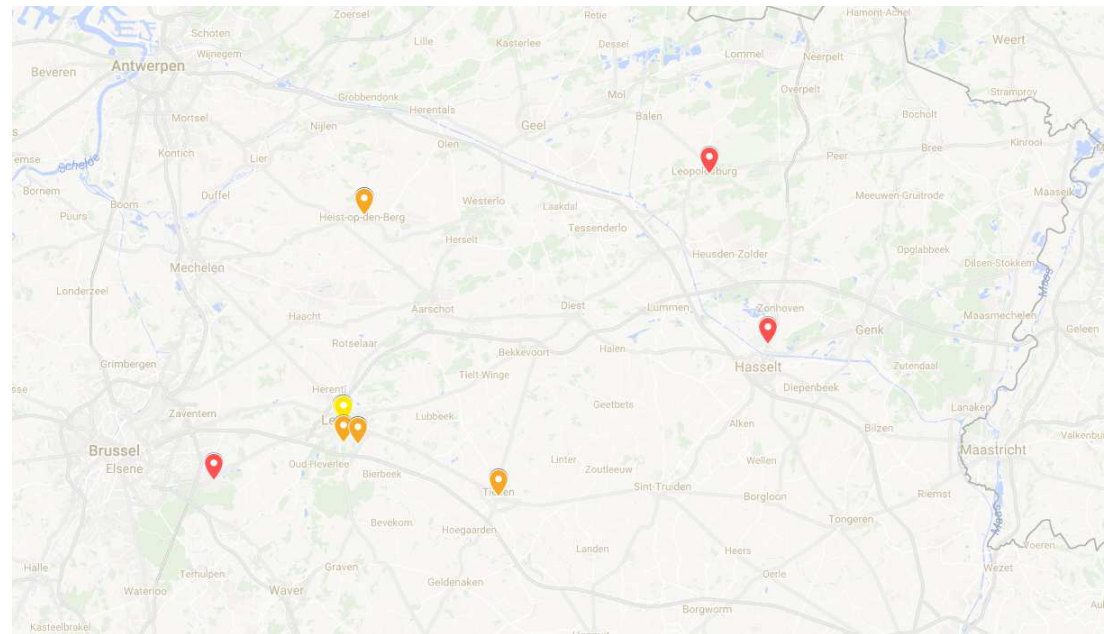
Duid aan welk deel van Anna's argument essentieel is.



Grote afname

- De observator mocht niet helpen
- Afwisselend vooraan en achteraan beginnen

	KDEM
tijd	45 min
#vragen	14
# klassen	9
# scholen	6
# IIn	162



Scoring

- Tijdens het opstellen van de vragen werd een eerste scoring-sleutel opgesteld.
- Tijdens het verbeteren werd deze sleutel verfijnd
 - 2 onderzoekers verbeteren de antwoorden van 1 klas (op een bepaalde vraag) gebaseerd op originele verbeterersleutel
 - Er worden geen eigen interpretaties gegeven aan de antwoorden (als iets dus te vaag geformuleerd is, wordt dit antwoord als fout gerekend)
 - Verschillen in de verbetering worden uitgeklaard (waarom geeft verbeteraar 1 een bepaald antwoord 0/2 en verbeteraar 2 hetzelfde antwoord 1/2?), de sleutel wordt aangepast.
 - Eén verbeteraar verbetert de antwoorden van alle leerlingen op die vraag op basis van de finale verbeterersleutel.

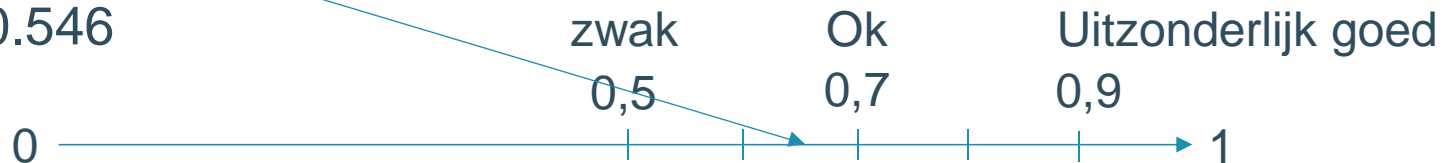
Resultaten KDEM

	Analyseren van argumenten	Testen van Hypotheses	Verbaal redeneren	Waarschijnlijkheid en onzekerheid	Probleem oplossen en beslissen	Totaal
Aantal vragen	5	12	5	7	8	19
Maximum mogelijk	15	30	14	18	18	46
Gemiddelde	2,55	4,66	2,15	2,77	4,3	9,03
Standaard afwijking	2,06	2,67	1,82	2,06	2,32	4,45
Aantal antwoorden	132	110	117	142	113	105

Interne betrouwbaarheid:

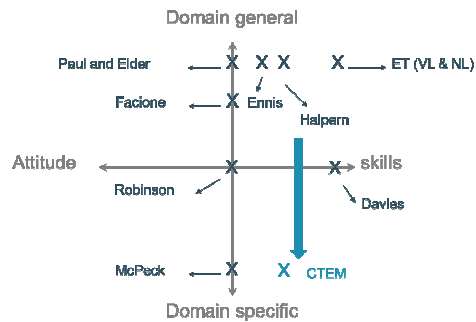
$$\lambda_6 = 0.639$$

$$\alpha_C = 0.546$$

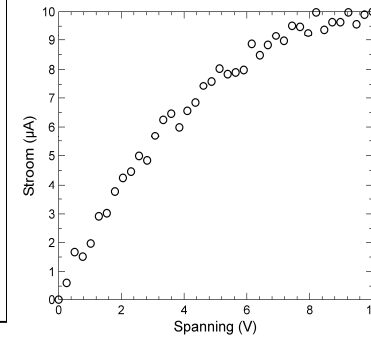
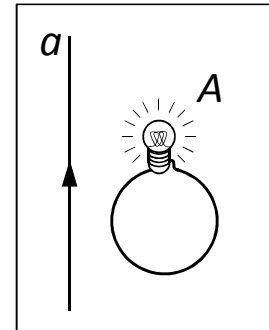


Kritisch denken

- Wat is KD?



- KD meten?



- Wat is KD in E&M?

ICTA	Information towards physics	Example
INFORMATION	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
KNOWLEDGE	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
SKILLS	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
ATTITUDE	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions
	Recognize the need to make better decisions in more complex situations	Recognize the need for more detailed information or data to make better decisions

- KD onderwijzen?

Algemeen opzet interventiestudies

Doelstelling:

Ontwerp en implementatie van een leeromgeving die kritisch denken ondersteunt en versterkt binnen lessen over E&M.

→ Effect nagaan?

- op kennis vakinhoud Natuurkunde
- op kritisch denken binnen Natuurkunde
- op 'algemeen' kritisch denken

Twée interventiestudies (E&M)



	Ethiopie	Vlaanderen
timing	8 weken (3 x 2u)	1 jaar (1 of 2 u/week)
N	143	197
Effect kennis	examen	aparte vragen
Effect KD in E&M	CTEM	KDEM
Effect 'algemene' KD	HCTA	Scipio
opzet	Infusie/immersie/controle alle lessen	Infusie/controle 6 kernonderwerpen

3 leeromgevingen

- **Immersie (alleen in Ethiopië)**
 - systematisch ontworpen o.b.v. First Principles of Instruction (Merrill)
 - ‘student activities’ die KD ondersteunen
 - geen expliciete referentie naar kritisch denken
- **Infusie**
 - systematisch ontworpen o.b.v. First Principles of Instruction (Merrill)
 - ‘student activities’ die KD ondersteunen
 - expliciete referentie naar kritisch denken
- **Controle**
 - ‘traditioneel’
 - ‘lecture based’
- **Docenten/Leraren betrokken bij ontwikkeling (Immersie / Infusie)**

First Principles of Merrill

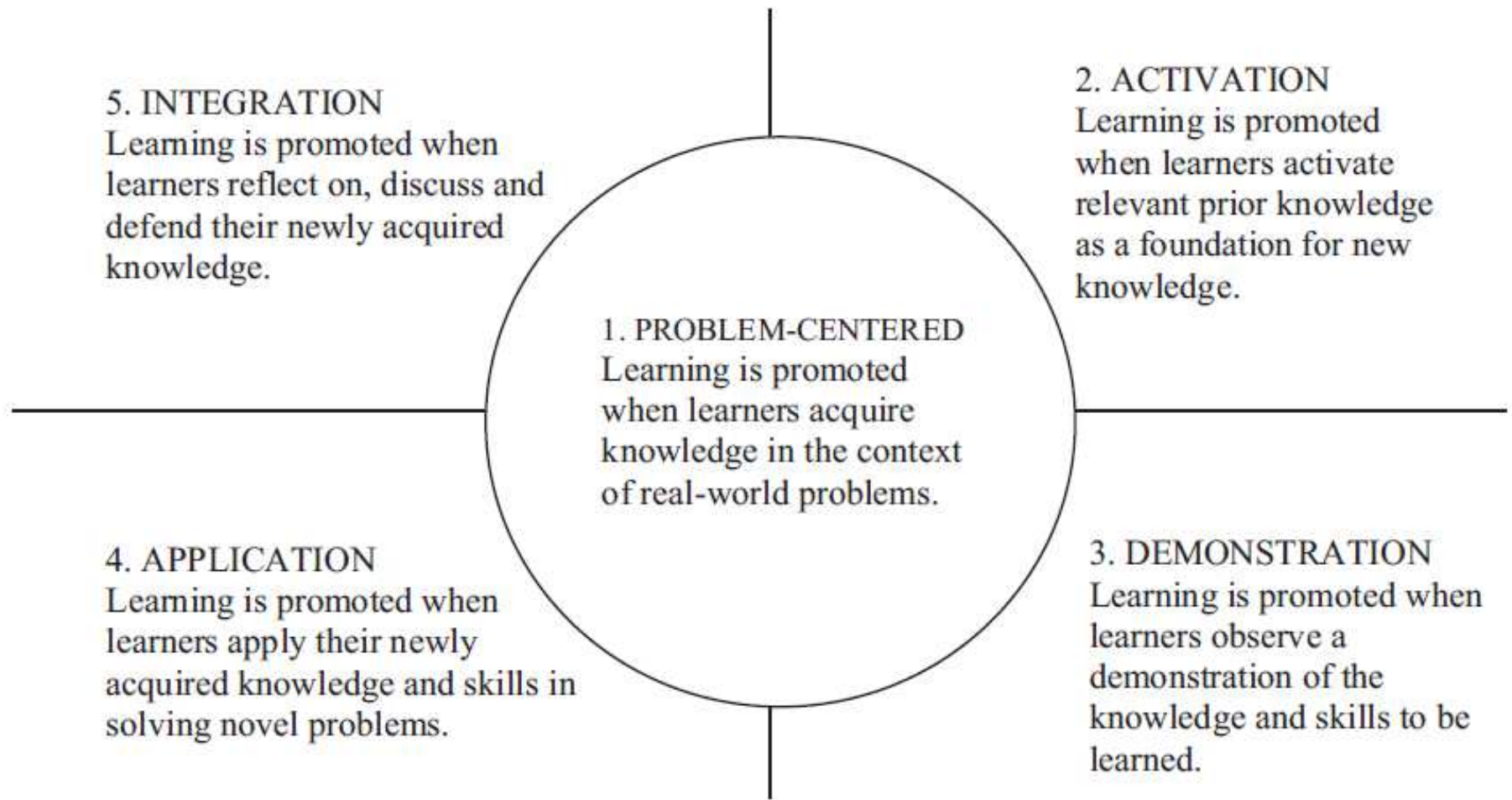


Fig. 1 First Principles of Instruction model (Merrill, 2013, p. 22)

Getuigenis Jo

- Onderzoek naar KD
- PLG
- Les ontwikkelen
- KD expliciteren is moeilijk
- Concreet voorbeeld

Elektromagnetische Inductie

•Elektrische gitaar zonder 'versterker':

<https://www.youtube.com/watch?v=J8XWnkK8aKQ>

•Met 'versterker':

<https://www.youtube.com/watch?v=D2nN-nUzhgk>

“van op ‘t internet....”

Een elektromagnetisch element bestaat grofweg uit één of meerdere **magneten**, en een **spoel**.

Je snaren zijn gemaakt van een **ferromagnetische** legering bestaande uit ijzer en nikkel. De magneetlijnen gaan heel graag door ferromagnetisch materiaal, omdat dat beter geleidt dan de lucht eromheen.

Nou moet je voorstellen dat een snaar op en neer **beweegt** (in de realiteit maakt een snaar natuurlijk veel ingewikkeldere sprongen) en als de snaar boven is, wordt het magnetisch veld als het ware naar boven getrokken door de snaren. Als de snaar beneden is, is het magneetveld minder uitgerekt.

In de frequentie waarop de snaar dus één trilling (op, neer) heeft gemaakt, is de **magneetveld binnen de spoel** ook één keer "heen en weer" gegaan als in meer magneetlijnen naar minder magneetlijnen.

Op de middelbare school heb je geleerd dat **als het magnetisch veld binnen een spoel verandert, er in de spoel een stroompje gaat lopen**. Dat stroompje heeft dezelfde frequentie als de snaar heeft boven het element.

Kritische vragen:

- Vage termen / verwoordingen?
- Foute redeneringen?
- Extrapolatie / veralgemening?
- Oorzaak-gevolg?
- Essentiële stappen?
- Extra informatie nodig?

Kwalitatieve resultaten

Ervaring van de leerkrachten

Onderzoek

Fijne ervaring

Lokt je uit je tent

Verplicht je om tijd te nemen voor voorbereiding

PLG

Waardevol

Leerrijk

“geen tijdverlies”

Impact op de eigen lessen

Geprikkeld

Meenemen naar andere lessen

Impact op leerlingen

In de les

Ze voelen dat ze meer aandacht krijgen

Leerlingen zijn meer ‘on-edge’ tijdens de les

Inhoudelijk

Sterker

Leerling (via LK) “Doen we het als ‘Kritisch Denken’? Dan hebben we het beter door!”

Transfer

Ze nemen het niet mee naar andere lessen/vakken

Het denken van de leerlingen is terug ‘lui’ wanneer ze terug een “gewone” les krijgen

Resultaat interventiestudie 2 (voorlopig)

	concept	Kennis Kerst	Kennis juni	KD DOS Pre	KD DOS Post	KDEM
Exp	3,79± 1,53	4,95± 1,69	8,66± 2,26	30.39± 4,97	33,03± 4,10	10,7± 4,9
contr	3,93± 1,55	5,85 ± 2,30	7,75± 2,26	30,73± 3,77	33,27± 4,27	7,87 ± 3,25
	=	***		=		*

Resultaat interventiestudie 1

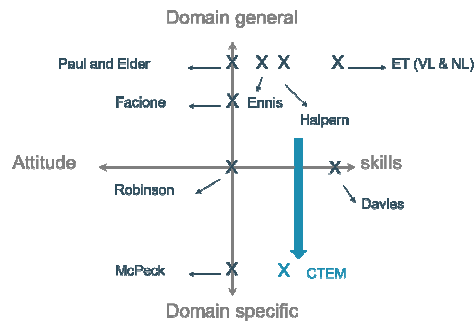
Table 5 Descriptive statistics for the CTEM, HCTA, and course achievement scores across the instructional conditions

Group	CTEM		HCTA				Course achievement	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	Pretest <i>M</i>	<i>SD</i>	Posttest <i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Immersion (<i>n</i> = 35)	31.34	5.31	80.43	9.15	82.17	7.69	23.89	2.99
Infusion (<i>n</i> = 69)	33.32	5.43	80.06	7.05	82.80	6.81	24.13	2.88
Control (<i>n</i> = 39)	27.87	4.76	79.46	8.11	81.85	7.27	21.28	3.07

- Immersie en infusie > controle voor CTEM
- Immersie en infusie > controle voor eindexamen
- Geen verschil voor HCTA

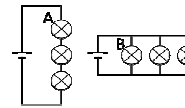
Kritisch denken

- Wat is KD?



- KD meten?

Beschouw de twee onderstaande circuits met batterijen en lampjes. Je mag de lampjes als identieke Ohmse weerstanden beschouwen, en alle batterijen en draden als ideaal (dus zonder interne weerstand).



Welke van de onderstaande beweringen over de helderheid van de lampjes is correct? (meerdere zijn mogelijk)

- Lampje A geeft meer licht dan lampje B.
- Lampje A geeft minder licht dan lampje B.
- Lampje A geeft evenveel licht als lampje B.
- Er is niet genoeg informatie.

Leg uit waarom je die keuze maakte.

- Wat is KD in E&M?

ICTA	Information based physics	Example
INFORMATION	Understand processes and their effects	Identify processes and their effects
	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
KNOWLEDGE	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
PROBLEM SOLVING	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions
	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions	Recognize the need for more detailed information in order to make valid conclusions

- KD onderwijzen?

Moeilijk
Design based
Infusie (expliciteren)

Geen transfer

Kritisch denken in de fysica-les

Bedankt.
Vragen?

Jan Sermeus

Jo Allemeersch

Mieke De Cock